

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Request Form for Translation

Translation Branch
The world of foreign prior art to you.

U. S. Serial No. : 091465852

Requester's Name: PAUL BROCK

Phone No. : 308 - 6236

Fax No. : _____

Office Location: CP 4 - 4B16

Art Unit/Org. : 2815

Group Director: _____

Is this for Board of Patent Appeals? _____

Date of Request: 9-20-01

Date Needed By: 10-10-01

(Please do not write ASAP-indicate a specific date)

PTO 2001-4465

S.T.I.C. Translations Branch

Phone: 308-0881
Fax: 308-0989
Location: Crystal Plaza 3/4
Room 2C01

SPE Signature Required for RUSH:

Document Identification (Select One):

(Note: Please attach a complete, legible copy of the document to be translated to this form)

1. ☒ Patent Document No. 9912216
Language JAPANESE
Country Code WO
Publication Date 11-3-99

No. of Pages _____ (filled by STIC)

2. ☐ Article Author _____
Language _____
Country _____

3. ☐ Other Type of Document _____
Country _____
Language _____

Document Delivery (Select Preference):

☒ Delivery to Exmr. Office/Mailbox Date: 10-15-01 (STIC Only)

☐ Call for Pick-up Date: _____ (STIC Only)

To assist us in providing the most cost effective service, please answer these questions:

Will you accept an English Language Equivalent?
No (Yes/No)

Will you accept an English abstract?
No (Yes/No)

Would you like a consultation with a translator to review the document prior to having a complete written translation?
No (Yes/No)

Check here if Machine Translation is not acceptable:
(It is the default for Japanese Patents, '93 and onwards with avg. 5 day turnaround after receipt)

STIC USE ONLY

Copy/Search

Processor: _____
Date assigned: _____
Date filled: _____
Equivalent found: _____ (Yes/No)

Doc. No.: _____
Country: _____

Remarks: _____

Translation

Date logged in: 9-21-01
PTO estimated words: 6208
Number of pages: 39
In-House Translation Available: _____

In-House:

Translator: _____
Assigned: _____
Returned: _____

Contractor:

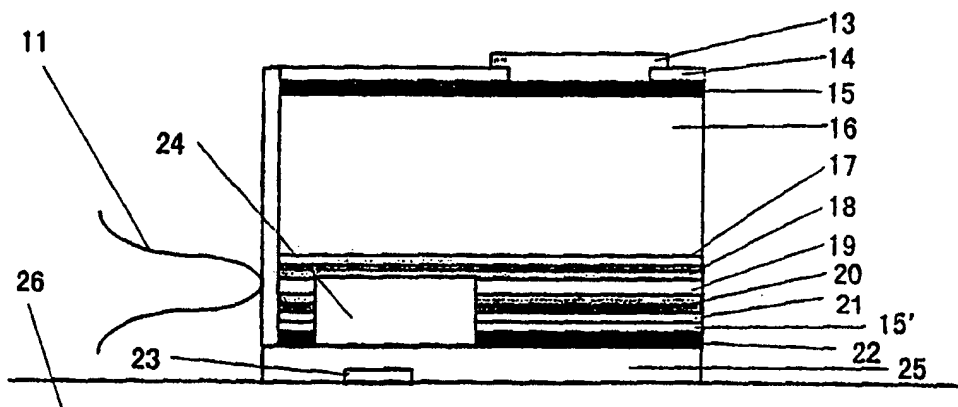
Name: 444 F2
Priority: 9-16-01
Sent: 10-15-01
Returned: 10-15-01

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(51) 国際特許分類6 H01L 31/02	A1	(11) 国際公開番号 WO99/12216 (43) 国際公開日 1999年3月11日(11.03.99)
(21) 国際出願番号 PCT/JP98/03791 (22) 国際出願日 1998年8月26日(26.08.98) (30) 優先権データ 特願平9/232328 1997年8月28日(28.08.97) JP (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 株式会社 日立製作所(HITACHI, LTD.)(JP/JP) 〒101-8010 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地 Tokyo, (JP) (72) 発明者 ; および (75) 発明者 / 出願人 (米国についてののみ) 茂木俊行(MOGI, Toshiyuki)(JP/JP) 川本和民(KAWAMOTO, Kazumi)(JP/JP) 〒244-0817 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社 日立製作所 生産技術研究所内 Kanagawa, (JP) 辻 伸二(TSUJI, Shinji)(JP/JP) 中村 均(NAKAMURA, Hitoshi)(JP/JP) 宍倉正人(SHISHIKURA, Masato)(JP/JP) 〒185-0014 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社 日立製作所 中央研究所内 Tokyo, (JP)		(74) 代理人 弁理士 小川勝男(OGAWA, Katsuo) 〒100-8220 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号 株式会社 日立製作所内 Tokyo, (JP) (81) 指定国 CN, KR, SG, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). 添付公開書類 国際調査報告書

PTO 2001-4465

S.T.I.C. Translations Branch

(54)Title: SEMICONDUCTOR PHOTODETECTOR AND OPTICAL TRANSMITTING DEVICE**(54)発明の名称** 半導体受光素子および光伝送装置**(57) Abstract**

An end incidence photodetector having a light absorbing layer (19), being excellent in matching with other and incidence optical devices, positioned easily and accurately, and contributing to reducing the cost of an optical module and an optical transmitter. A marker (23) on an optical device (26) is detected easily and the photodetector is positioned accurately by partially removing the light absorbing layer (19) absorbing the light detected by the photodetector to form a space region and providing at least 100 μm^2 of a marker detecting region in parallel with the major surface of the photodetector transmitting 30 % or more of the detected light.

光モジュール及び光伝送装置の低コスト化に向け、他の端面入射型光デバイスとの整合性が良く、容易に高精度に位置決めを行うことのできる半導体受光素子を提供することを目的として、光吸収層 19 が形成されている端面入射型受光素子において、該受光素子の検出光を吸収してしまう光吸収層 19 の一部を除外した空間領域を形成することで、該受光素子の主平面を貫通、透過する検出光の透過量が 30 % 以上である主平面に平行なマーカ検出用領域 24 を少なくとも $100 \mu\text{m}^2$ 備えることにより、光デバイス 26 上のマーカ 23 の検出を容易にし、該受光素子の位置決めを高精度に行うようにした。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AL	アルバニア	FI	フィンランド	LK	スリ・ランカ	SI	スロヴェニア
AM	アルメニア	FR	フランス	LR	リベリア	SK	スロヴァキア
AT	オーストリア	GA	ガボン	LS	レソト	SL	シエラ・レオネ
AU	オーストラリア	GB	英国	LT	リトアニア	SN	セネガル
AZ	アゼルバイジャン	GD	グレナダ	LU	ルクセンブルグ	SZ	スワジランド
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GE	グルジア	LV	ラトヴィア	TD	チャード
BB	バルバドス	GH	ガーナ	MC	モナコ	TG	トーゴ
BE	ベルギー	GM	ガンビア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BF	ブルキナ・ファソ	GN	ギニア	MG	マダガスカル	TM	トルクメニスタン
BG	ブルガリア	GW	ギニア・ビサウ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア共和国	TR	トルコ
BJ	ベナン	GR	ギリシャ			TT	トリニダード・トバゴ
BR	ブラジル	HR	クロアチア	ML	マリ	UA	ウクライナ
BY	ベラルーシ	HU	ハンガリー	MN	モンゴル	UG	ウガンダ
CA	カナダ	ID	インドネシア	MR	モーリタニア	US	米国
CF	中央アフリカ	IE	アイルランド	MW	マラウイ	UZ	ウズベキスタン
CG	コンゴ	IL	イスラエル	MX	メキシコ	VN	ヴェトナム
CH	スイス	IN	インド	NE	ニジェール	YU	ユーゴスラビア
CI	コートジボアール	IS	アイスランド	NL	オランダ	ZW	ジンバブエ
CM	カメルーン	IT	イタリア	NO	ノルウェー		
CN	中国	JP	日本	NZ	ニュージーランド		
CU	キューバ	KE	ケニア	PL	ポーランド		
CY	キプロス	KG	キルギスタン	PT	ポルトガル		
CZ	チェッコ	KP	北朝鮮	RO	ルーマニア		
DE	ドイツ	KR	韓国	RU	ロシア		
DK	デンマーク	KZ	カザフスタン	SD	スーダン		
EE	エストニア	LC	セントルシア	SE	スウェーデン		
ES	スペイン	LI	リヒテンシュタイン	SG	シンガポール		

明 細 書

半導体受光素子および光伝送装置

技術分野

本発明は、光通信分野等に用いられる半導体受光素子および光伝送装置に関するものである。

背景技術

近年、情報サービス網の拡充のため、光通信分野においても低コスト化が望まれている。低価格な光通信システムを構築するためには、光信号を電気信号に、電気信号を光信号に変換する光モジュールの低コスト化が鍵である。これには、同一基板上に平易な実装方式で集積化できる光デバイスが必要である。

半導体レーザダイオード、光変調器や光スイッチ等に代表される光デバイスは一般に端面入射型の構造を有し、光を基板面に平行な方向に入出射するものである。一方、半導体受光素子は一般に基板面内に垂直な方向から光信号を受光する面受光型である。したがって、面受光型の半導体受光素子は他の光デバイスと光信号の入出射方向が異なるため、集積化の観点から整合性が良くない。

一方、他の光デバイスと整合性が良い例えば日本特開昭64-90570号に記載されているような端面入射型の半導体受光素子が従来より知られている。ところが、端面入射型の半導体受光素子はその構造から光デバイスからの光の出射位置と半導体受光素子の受光面との位置関係が、受光素子の感度に大きく依存する。そのため、パッシブ型のアライメントでは、光デバイス上での端面入射型半導体受光素子の位置を高精度に計測する手段が必要とされている。

上記従来技術では、端面入射型受光素子を光デバイスに実装する際、受光素子の光デバイス側と光デバイス部分にマーカを作成し、両者を透過することのできる光、例えば $1.3\mu\text{m}$ 付近の波長の光により、それぞれのマーカ位置を検出することで、光デバイス上での端面入射型の受光素子の位置決めを行っていた。

しかし、光通信等で多用される $1.3\sim 1.6\mu\text{m}$ 程度の光を受光する受光素子では、 $1.3\mu\text{m}$ 付近の波長の透過光が受光層で吸収され、位置決めの目標となるマーカの位置を検出することが困難であった。

本発明の目的は、任意の波長の吸収層を持つ半導体受光素子を光デバイスに実装する際の位置決めを容易にする半導体受光素子およびその製造方法を提供することにある。

また、本発明の他の目的は、上記本発明による半導体受光素子を受信素子として、または半導体レーザ光のモニタ素子として実装した、低コストの光モジュールあるいは光伝送装置を提供することにある。

発明の開示

上記目的を達成するため本発明は、ある部材の特定個所に搭載されるべき、光吸収層を備える光学素子において、当該光学素子を前記特定個所に位置決めする際には、前記光吸収層により波長範囲の少なくとも一部が吸収される光を当該光学素子へ照射し、その透過光を検出することで位置決めするものであって、当該光学素子が搭載されるべき面に略平行な面に投影された当該光学素子の2次元投影領域の中に、前記光吸収層を含まず、前記照射光の透過率が残りの領域よりも高く、その位置が識別可能である領域を備える。

また、上記目的を達成するため本発明は、他の光デバイスを備える基板上に搭載される、光吸収層を有する受光素子において、前記基板および当該半導体受光素子のうち少なくとも前記基板に設けられた位置決め

用マーカとして機能する部分に対向する個所の光吸収層を除外した。

より具体的には、例えば図 1 に示すような、上部第 2 コア層 18 と下部第 2 コア層 20 及び上部クラッド層 17 と下部クラッド層 21 で挟まれた光吸収層 19 を持つ端面入射型半導体受光素子において、当該端面
5 入射型受光素子が実装される光デバイス上の位置決め用のマーカ 23 を計測するためのマーカ検出用空間領域（位置決め用領域）24 が設けられた端面入射型半導体受光素子を提供する。ここで、図 1 の信号光 11 と光吸収層 19 の接している個所が当該端面入射型半導体受光素子の受光領域である。

- 10 上記本発明の端面入射型受光素子は、例えば図 4 に示すように、光吸収層 19 を形成する際にマスク等により結晶層の成長個所を選択し、受光領域の光吸収層 19 は残し、光デバイス上の位置決め用マーカ 23 に対向する個所の光吸収層 19 が除外される（形成されない）ようにすることで、マーカ 23 を検出するための空間領域 24 を形成する。マーカ
15 検出用空間領域 24 を透過して位置決め用マーカ 23 を検出するために照射される照明光（以下では検出光と呼ぶ）の光透過率は、例えば端面入射型受光素子に照射される検出光の 30 % を越える構造とする。

- 上記本発明の端面入射型受光素子によれば、下方から照射される位置
20 決め用の検出光の光吸収層 19 による減衰が、光吸収層 19 を残した場合に比べ極めて少ないため、端面入射型受光素子の影になる光デバイス上のマーカ 23 を端面入射型受光素子を透過して観察することが容易となり、生産効率が向上する。

- また、上記本発明の端面入射型受光素子によれば、光モジュール基板
25 26 上の実装精度も向上するため、受光効率も向上する。このため、上記本発明の端面入射型受光素子を、図 7 および図 8 に示すような光ファイバ 38 を固定するための V 溝を有する基板 37 上に受信素子もしくは半導体レーザ 41 のモニタ素子として、本発明の端面入射型受光素子 3

1 を光学レンズなしで集積化する構成としてもよい。

また、図 9 に示すように信号光入射用の光ファイバ 5 2 の付いた V 溝基板 5 4 上に受信用の本発明の端面入射型受光素子 5 5 をパッシブアライメント法を用いて集積化し、さらにプリアンプ IC 5 6 を実装したり、
5 さらに、これをセラミックあるいは樹脂できたベース 5 3 とキャップ 5 1 にてパッケージングする構成としてもよい。ベース 5 3 とキャップ 5 1 の代わりに樹脂にてトランスファモールドを用いても良い。

また、本発明の端面入射型受光素子を半導体レーザのモニタ用として用いた光送信モジュールあるいは同一基板上に本発明の端面入射型受光
10 素子を受信用、半導体レーザモニタ用としてそれぞれ搭載した光送受信モジュールを用いても良い。

さらに、図 10 に示すように本発明の端面入射型受光素子を搭載した光ファイバ 6 3 付き光モジュール 6 4 と、受信 IC 6 1 等の電子回路を同一ボード 6 2 上に搭載し、これを送信あるいは受信あるいは送受信装
15 置として光伝送システムに用いてもよい。

また、上記目的を達成するために本発明は、基板上に光吸収層を含む複数の異なる薄膜層を順次積層して形成される、端面入射型の半導体受光素子の製造方法において、前記光吸収層以降の薄膜層を積層する工程では、当該半導体受光素子が位置決めされるべき個所に対応するように
20 予め決められた領域での薄膜成長を禁止するか、あるいは、当該半導体受光素子が位置決めされるべき個所に対応するように予め決められた領域下に存在する前記光吸収層を取り除くためのエッチング工程を含む。

図面の簡単な説明

25 第 1 図は、本発明の実施形態 1 による端面入射型受光素子の断面図である。第 2 図は、本発明の実施形態 1 による端面入射型受光素子の輝度分布図である。第 3 図は、本発明の実施形態 1 による端面入射型受光素

子の輝度分布図である。第4図は、本発明の実施形態1による端面入射型受光素子の断面図である。第5図は、本発明の実施形態1による端面入射型受光素子の断面図である。第6図は、本発明の実施形態1による端面入射型受光素子の断面図である。第7図は、本発明の実施形態2の全体構造を示す斜視図である。第8図は、本発明の実施形態3の全体構造を示す斜視図である。第9図は、本発明の実施形態4の全体構造を示す斜視図である。第10図は、本発明の実施形態5の全体構造を示す斜視図である。第11図は、本発明の実施形態1による端面入射型受光素子の断面図である。

10

発明を実施するための最良の形態

以下に本発明による受光素子および該受光素子を備える装置の実施形態を、図を参照して説明する。

[実施形態1]

15 InGaAlAs系化合物半導体を用いた本発明の一実施形態の断面構造を図1に示す。

本実施形態による半導体受光素子は、分子線エピタキシ(MBE)法によりp-InP基板16に、n-InAlAs上部クラッド層17を1.0 μ m、n-InGaAlAs上部第2コア層18を1.5 μ m、
20 アンドープInGaAlAs光吸収層19を1.5 μ m、p-InGaAlAs下部第2コア層20を1.5 μ m、p-InAlAs下部クラッド層21を0.5 μ m、n-InGaAsコンタクト層15'を0.2 μ mを順次積層することでその基本構造が形成される。

さらに、本実施形態による半導体受光素子は、n-InGaAsコン
25 タクト層15'に隣接して設けられたp型電極22と、当該半導体素子が搭載されるべき光デバイス26との接続用はんだ層25と、p-InP基板16の本図上方に積層されるコンタクト層15、SiN絶縁膜1

4 および n 型電極 13 とを備えている。

ここで、アンドープ InGaAlAs 光吸収層 19 は、例えば、位置決めの際に図 1 の下方から照射され、p-InP 基板 16 を透過し、半導体受光素子の下側に作られたマーカを検出するための、1.3 μm 付近の波長を備える検出光を吸収してしまう。

そのため、本実施形態においては、当該半導体受光素子を実装する光モジュール基板 26 側のマーカ 23 の検出を可能とするために、アンドープ InGaAlAs 光吸収層 19、p-InGaAlAs 下部第 2 コア層 20、p-InAlAs 下部クラッド層 21 の形成の際にマスク等
10 を使い、基板側のマーカ 23 を検出できるようにアンドープ InGaAlAs 光吸収層 19 が除外された空間領域（位置決め用領域）24 が形成されるように結晶成長を行う。なお、上記の構造は、半導体受光素子に上記各層を積層後にエッチング等により取り除いても、同様な構造を形成することができる。

すなわち、本発明において特徴的な構造である、位置決め用マーカの検出を可能とするためにアンドープ InGaAlAs 光吸収層 19 が除外された空間領域（以下ではマーカ検出領域と呼ぶ）を形成するために、新たな工程を追加する必要は全くなく、従来から実施されていた工程において、当該マーカ検出領域を形成するようにマスクの形状を変える等
20 の少々 of 修正を加えるだけで良い。

マーカ検出領域 24 の大きさは、必要とされる搭載精度及びマーカ 23 の検出に用いる撮像装置の分解能に応じて決定する。例えば、信号光 11 に対する半導体受光素子の必要な搭載精度が $\pm 1 \mu\text{m}$ と考えると、計測精度は少なくとも $\pm 0.1 \mu\text{m}$ 必要となる。その精度を確保するマーカ検出領域 24 は、分解能 $1 \mu\text{m}$ のカメラによりマーカ 23 の境界面
25 もしくは重心点の計測を行って所定の精度を出すためには、1 辺 $10 \mu\text{m}$ 以上（ $100 \mu\text{m}^2$ ）の領域が必要となる。

また、半導体受光素子に検出光を透過しないメタライズ層 1 3、2 5
がある場合、マーカ検出領域 2 4 を上方から観察して影にならない部分
を $100\mu\text{m}^2$ 以上確保することが必要となる。

マーカ 2 3 は、位置決めの際に照射される検出光の非透過部と透過部
5 のエッジを透過する光量の差によって計測するが、該透過部が入射した
光を全て透過するわけではなく一部を減衰する。ここで、入射した光の
全て透過する時のコントラストの値を 100% とすると、30% のコン
トラストがある場合の輝度分布は図 2 に示すようになる。

ところで、検出光によって得られる光学像の明暗部のエッジを特定す
10 るためには、エッジ付近の輝度分布の傾き（コントラストに依存する）
と輝度上の雑音とを考慮する必要がある。例えば、本発明が適用される
技術分野の位置決めにおいて良く使用されている、近赤外線付近を計測
するカメラでは、映像信号に生じる雑音は 5% 程度生じている。このた
め、目標とする計測精度以内に輝度分布がそれ以上の傾きを持たなけれ
15 ば、要求される精度を満たすことはできない。

コントラストを 20% から 100% まで変化させた場合の輝度分布を
横軸に位置、縦軸に輝度をとったグラフにプロットすると、図 3 に示す
ようになる。これらの輝度分布から、位置決めに必要な計測精度を
±0.1 μm とすると、本実施形態において必要なコントラストは 30
20 % 以上となる。

図 1 のマーカ検出領域 2 4 を含み、信号光 1 1 に対して垂直な断面構
造の一例を図 4 に示す。本例では、当該半導体受光素子の端面から入射
する信号光 1 1（図 1 参照）の光軸に対して、左右の位置に 2 個所のマ
ーカ検出領域 2 4 を形成している。これはマーカ検出領域 2 4 が 1 個所
25 のみの場合、半導体受光素子の水平面内の角度検出が難しくなるため
である。本例に示すように、半導体受光素子内に 2 個所以上のマーカ検出
領域 2 4 を形成することで、水平面内の角度検出を容易とすることがで

きる。

本実施形態を利用した半導体受光素子の他の構造例を図 5 に示す。図 5 は入射する信号光に対して垂直に切断した断面図である。

- 本例では、受光領域 27 との精度 W_a 、 W_b を相対的に確保しつつ、
- 5 吸収層 19 を削除した空間領域それ自体を、当該半導体受光素子側の位置決め用マーカとして利用したものである。通常 W_a 、 W_b は同じ長さに設定する。2 つの長さ W_a 、 W_b を用いる理由は、マーカを 1 個所だけ設け、該マーカからの距離だけに基づいて位置決めを実施しようとする場合におこり得る、計測の際の光学収差や露光時の光の回り込みの差
- 10 によるマーカ自体の大きさの膨らみ等の誤差を吸収するためである。

本例のように相対的精度 W_a 、 W_b を利用して 2 個所のマーカ検出領域 24 を形成し、光吸収層 19 とマーカ検出領域 24 の境界領域を検出することにより、半導体受光素子の位置を高精度に測定することが可能となる。

- 15 また、図 6 に示すように、位置決めをした場合に、図 5 に示した相対的精度を確保したマーカ検出領域 24 内にそれぞれ位置するように、光モジュール基板 26 のマーカ 23 を作成してもよい。本例のような構成によれば、マーカ検出領域 24 とマーカ 23 の両者を同時に、高精度に観察することが可能となり、高い位置精度で搭載することができる。

- 20 また、図 11 に示すように、半導体受光素子に形成された一対のマーカ検出領域 24 内のそれぞれに受光素子側マーカ 28 を設け、各受光素子側マーカ 28 とそれに対応する基板側マーカ 23 とが予め定めた相対位置関係を満足するように、位置決めする構成としてもよい。

[実施形態 2]

- 25 本発明の端面入射型受光素子を用いた光モジュールの一実施形態の構造を図 7 に示す。

本実施形態では、絶縁膜 34、および電気配線 32 を有する V 溝基板

37 上に、本発明の端面入射型受光素子 31 をパッシブアライメント法を用いてフリップチップ実装している。ここで端面入射型受光素子 31 には片面に n 型、反対側に p 型電極を有するものを用い、端面入射型受光素子 31 と電気配線 32 との接続には Au Sn 半田を使用した。

5 本実施形態においては、さらに、端面入射型受光素子 31 の受光面の左右 2 個所に光吸収層 19 を排除して形成したマーカ検出用領域 24 を設けると共に、端面入射型受光素子 31 が位置決めされた場合に、これらマーカ検出用領域 24 の各々の領域内に位置するように、V 溝基板 37 のマーカ 23 を一対設けている。

10 これらの構成により、端面入射型受光素子 31 および V 溝基板 37 の位置を高精度に計測できるとともに、両者の位置決めを高精度に実現できる構造としている。

本実施形態によれば、両者の検出精度は $\pm 0.1 \mu\text{m}$ 以内となり、実装精度は $\pm 1.0 \mu\text{m}$ 以内に抑えられた。また、 $1.3 \mu\text{m}$ 光に対する
15 半導体受光素子 31 の受光感度は 0.85 A/W と高い値が得られた。

[実施形態 3]

本発明の端面入射型受光素子を用いた光モジュールの他の実施形態の構造を図 8 に示す。

本実施形態では、絶縁膜 34、モニタ受光素子用電気配線 32、および半導体レーザ用電気配線 42 を有する V 溝基板 37 上に、半導体レーザ 41 と本発明の端面入射型受光素子 31 をパッシブアライメント法を用いて、フリップチップ実装している。ここで、端面入射型受光素子 31 には、片面に n 型、反対側に p 型電極を有するものを用い、端面入射型受光素子 31 と電気配線 32 の接続には Au Sn 半田を使用した。

25 本実施形態においては、さらに、端面入射型受光素子 31 の受光面の左右 2 個所に光吸収層 19 を排除して形成したマーカ検出用領域 24 を設けると共に、端面入射型受光素子 31 が位置決めされた場合に、これ

らマーカ検出用領域 24 の各々の領域内に位置するように、V 溝基板 37 のマーカ 23 を一対設けている。

これらの構成により、端面入射型受光素子 31 および V 溝基板 37 の位置を高精度に計測できるとともに、両者の位置決めを高精度に実現できる構造としている。その後フラットエンドの光ファイバ 38 を V 溝に固定した。

本実施形態によれば、各素子の搭載時及び光ファイバ固定時の位置ずれは $\pm 1 \mu\text{m}$ 以内に抑えられ、半導体レーザ 41 とモニタ用端面入射型受光素子 31 間の光結合損失は 2 ~ 3 dB であった。また外部出力 1 mW 時のモニタ電流は $400 \mu\text{A}$ と良好な値が得られた。

[実施形態 4]

本発明の端面入射型受光素子を用い、パッケージングされた光受信モジュールの一実施形態の構造を図 9 に示す。

本実施形態では、V 溝基板 54 上に受信用の本発明による端面入射型受光素子 55 をパッシブアライメント法を用いて実装している。さらに高感度化のために受信用プリアンプ IC 56 も V 溝基板 54 上に実装した。その後、信号光入射用の光ファイバ 52 を付け、セラミック製のベース 53 に固定し、キャップ 51 にて蓋をした。

作製した本実施形態による光モジュールを伝送評価したところ、信号光波長 $1.3 \mu\text{m}$ 、伝送速度 50 Mb/s のバースト伝送において、 10^{-8} 乗の誤り率における最小受光感度は -38 dBm と良好であった。

なお、セラミック製のベース 53 およびキャップ 51 の代わりに樹脂製のもの、あるいは樹脂のトランスファモールドを用いても良い。また、本発明の端面入射型受光素子を用いた送信および送受信光モジュールをパッケージングしても良い。

[実施形態 5]

本発明の端面入射型受光素子を用いた光伝送装置の一実施形態を図 10 に示す。

本実施形態では、本発明の端面入射型受光素子が搭載され、信号光入射用の光ファイバ 63 が付いた光受信モジュール 64 と、受信 IC 61 およびその他の電子部品をボード 62 上に搭載している。

作製した本実施形態による光伝送装置の伝送評価を行った。信号光波長 $1.3 \mu\text{m}$ 、伝送速度 50 Mb/s のバースト伝送において、10 の -8 乗の誤り率における最小受光感度は -38 dBm と良好であった。

なお、上記光受信モジュールの代わりに、本発明の端面入射型受光素子が集積化された光送信モジュールおよび光送受信モジュールを搭載しても良い。

産業上の利用可能性

本発明によれば、端面入射型半導体受光素子を光デバイスに高精度で位置決めする事が可能となり、光学レンズを用いることなく容易に高光結合をとることができる。したがって、本発明の端面入射型半導体受光素子を利用することにより、煩雑な実装工程をとらずに低コストな光モジュールおよび光伝送装置を作製することが可能となる。

請 求 の 範 囲

1. 基板に搭載されるべき面に略平行な面に光吸収層を備えた半導体受光素子であって、該半導体受光素子が前記搭載されるべき面の方向に投影された場合に得られる該半導体受光素子の2次元投影領域の中に、前記光吸収層の光透過率と異なる光透過率の領域を透過した光が投影されるように構成したことを特徴とする半導体受光素子。
2. 基板に搭載されるべき面に略平行な面に光吸収層を備えた半導体受光素子であって、該光吸収層の一部に光吸収層の光透過率よりも高い光透過率の領域を形成したことを特徴とする半導体受光素子。
3. 前記光吸収層よりも高い光透過率の領域の該光透過率が、前記半導体受光素子を前記基板に搭載するときに照明する照明光に対して、30%以上であることを特徴とする請求項2記載の半導体受光素子。
4. 前記光透過率が30%以上である領域が前記半導体受光素子を前記基板に搭載するときに前記基板上に投影される投影領域の広さが、少なくとも $100\mu\text{m}^2$ であることを特徴とする請求項3記載の半導体受光素子。
5. 前記光透過率が30%以上である領域が、少なくとも2個所以上あることを特徴とする請求項3記載の半導体受光素子。
6. 当該半導体受光素子は、端面入射型受光素子であって、前記光透過率が30%以上である領域が少なくとも1対以上存在するもので、各対の前記領域はそれぞれ、当該端面入射型半導体受光素子の受光面の光軸の左右に対応して位置するように配置されていることを特徴とする請求項3記載の半導体受光素子。
7. 基板に搭載されるべき面に略平行な面に光吸収層を備えた半導体受光素子であって、該半導体受光素子が前記搭載されるべき面の方向に投影された場合に得られる該半導体受光素子の2次元投影領域の中に、前記光吸収層の光透過率と異なる光透過率の領域を透過した光が投影され

るとともに、該光吸収層の光透過率と異なる光透過率の領域を透過した光が投影される領域の中に前記半導体素子に掲載した位置決め用マーカの像が投影されるように構成したことを特徴とする半導体受光素子。

8. 前記光吸収層の光透過率と異なる光透過率の領域が、前記光吸収層
5 を除外した領域であることを特徴とする請求項 2 または 7 の何れかに記載の半導体受光素子。

9. 前記光吸収層の光透過率と異なる光透過率の領域内に、前記位置決め用マーカを備えることを特徴とする請求項 2 または 7 の何れかに記載の半導体受光素子。

- 10 10. 請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の半導体受光素子を光ファイバと光結合して同一基板上に実装したことを特徴とする光モジュール。

11. 半導体レーザと光ファイバと、それらのうち少なくとも一方と光結合される請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の半導体受光素子とを、同一基板上に実装したことを特徴とする光モジュール。

- 15 12. 前記基板上に実装した半導体受光素子が、セラミックまたは樹脂のいずれか一方によりパッケージングして構成されることを特徴とする請求項 10 または 11 のいずれかに記載の光モジュール。

13. 前記基板上には電子回路がさらに搭載され、該電子回路が、セラミックまたは樹脂のいずれか一方によりパッケージングして構成される
20 ことを特徴とする請求項 10 又は 11 の何れかに記載の光モジュール。

14. 請求項 10 乃至 13 のいずれかに記載の光モジュールと、当該光モジュールと接続して光信号の送信処理および受信処理のうち少なくとも一方の処理を実行する電子回路とを同一ボード上に搭載したことを特徴とする光伝送装置。

- 25 15. 基板上に光吸収層を含む複数の異なる薄膜層を順次積層して形成される、端面入射型の半導体受光素子の製造方法において、

前記光吸収層以降の薄膜層を積層する工程では、当該半導体受光素子

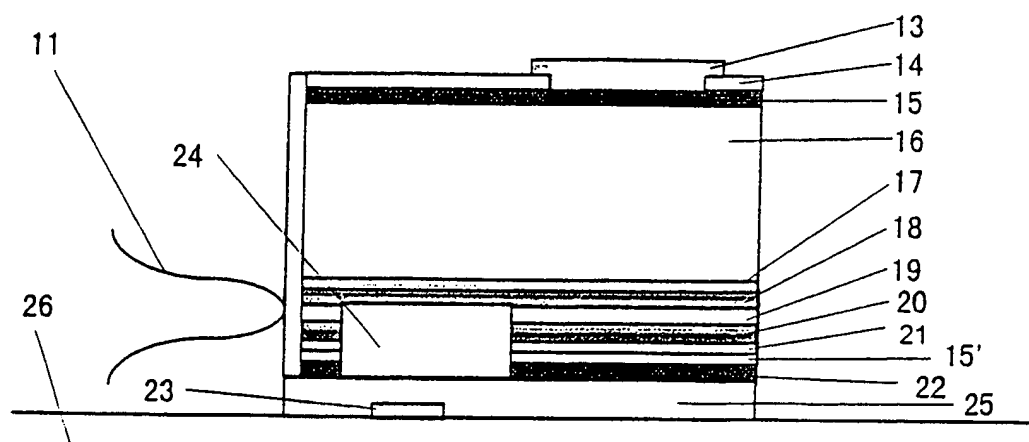
が位置決めされるべき個所に対応するように予め決められた領域での薄膜成長が禁止されること

を特徴とする半導体受光素子の製造方法。

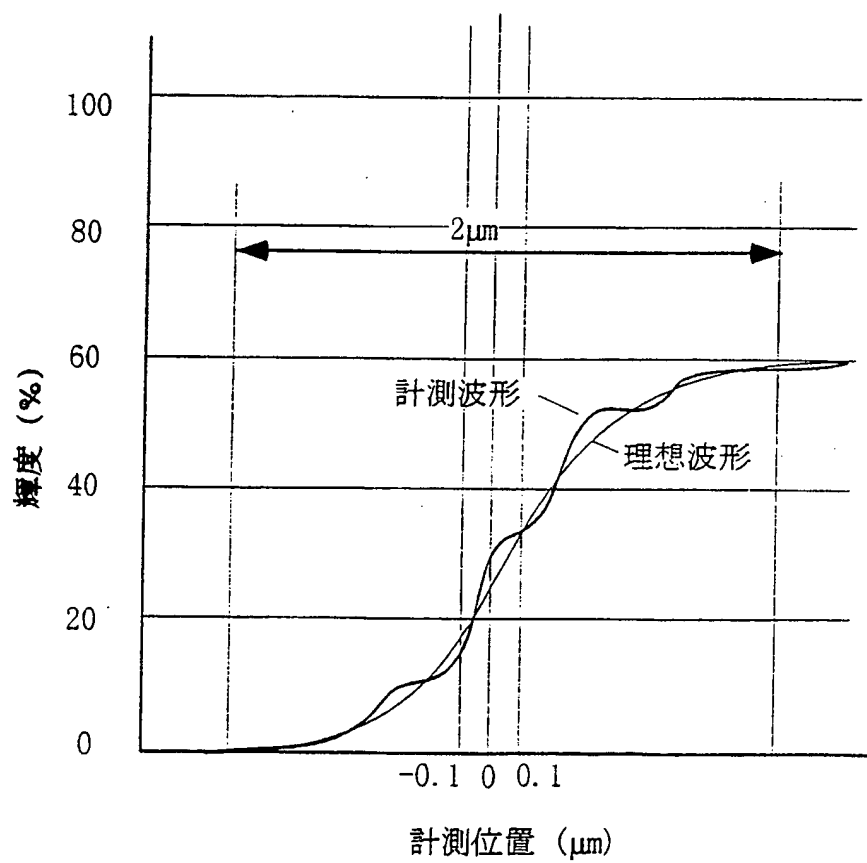
16. 基板上に光吸収層を含む複数の異なる薄膜層を順次積層して形成
5 される、端面入射型の半導体受光素子の製造方法において、

当該半導体受光素子が位置決めされるべき個所に対応するように予め決められた領域下に存在する前記光吸収層を取り除くためのエッチング工程を含むこと を特徴とする半導体受光素子の製造方法。

第1図



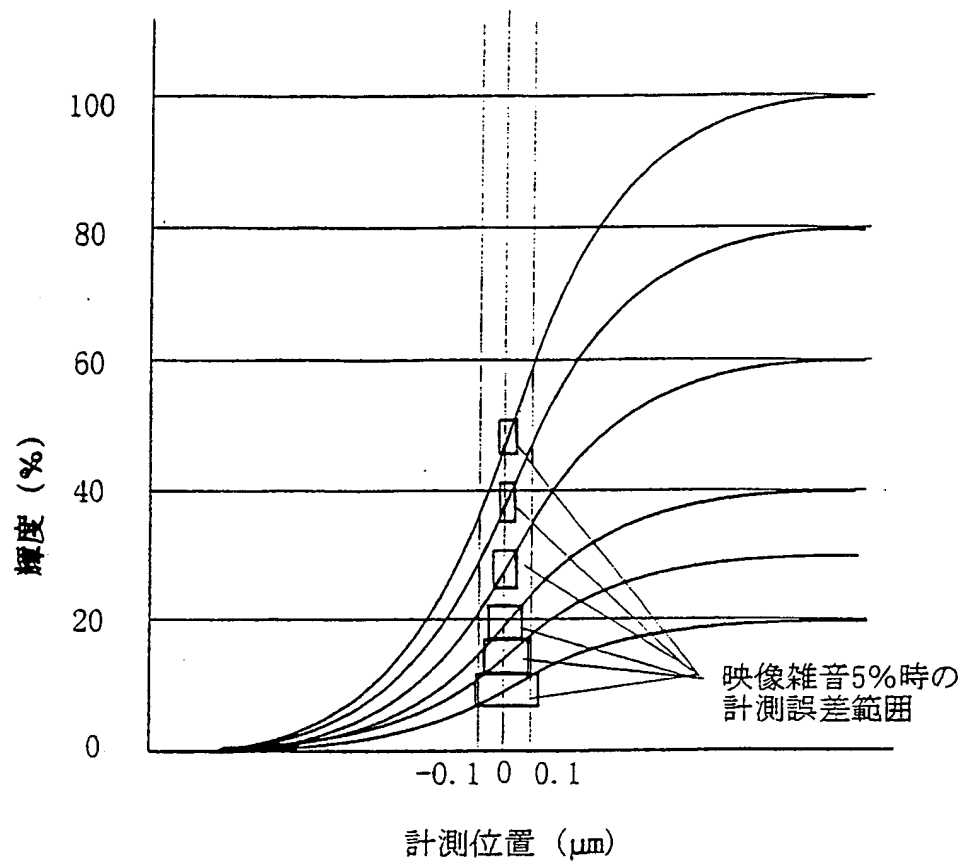
第2図



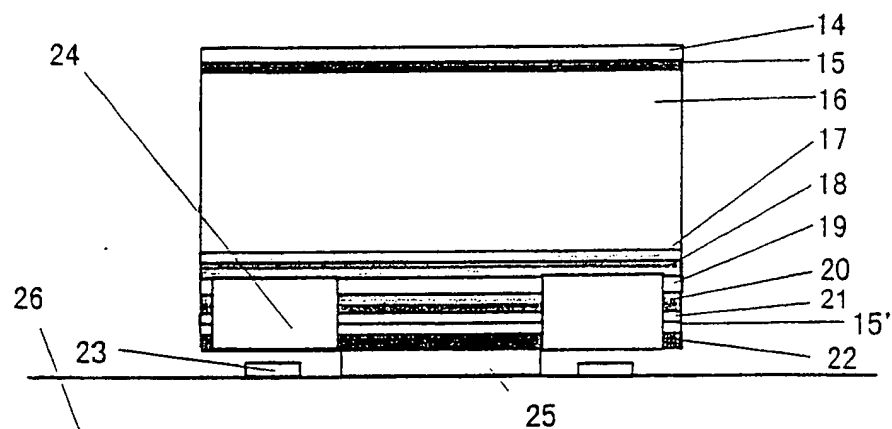
THIS PAGE BLANK (USPTO)

2 / 6

第3図

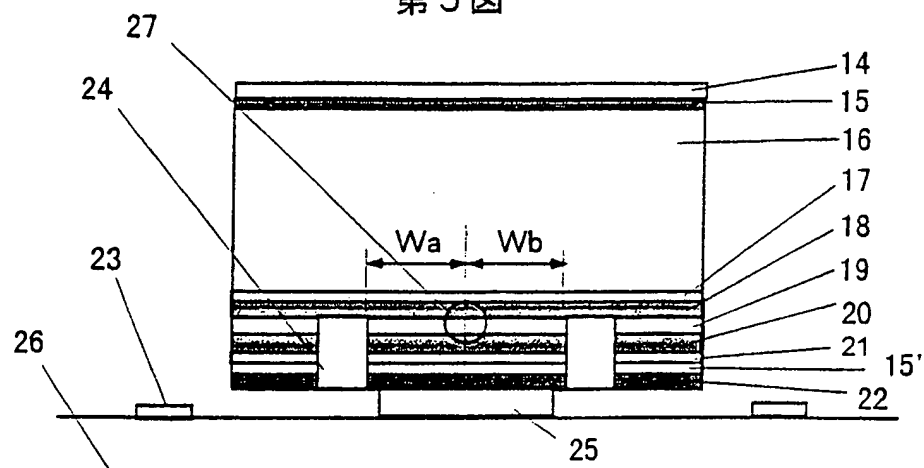


第4図

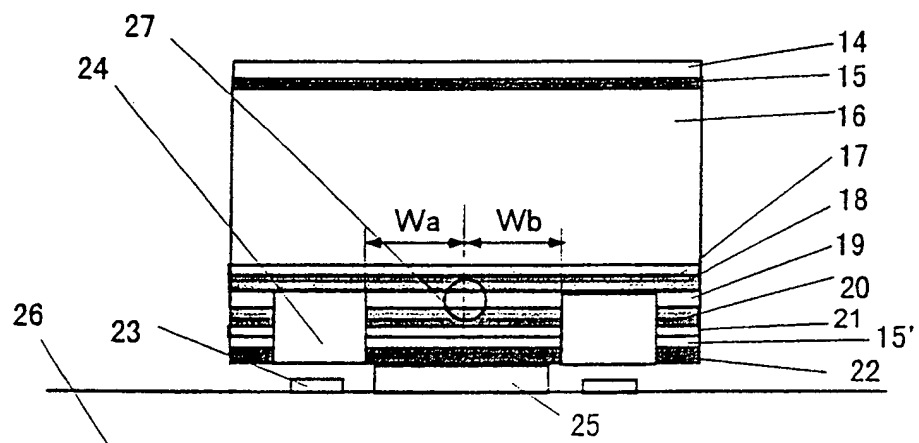


THIS PAGE BLANK (USPTO)

第5図

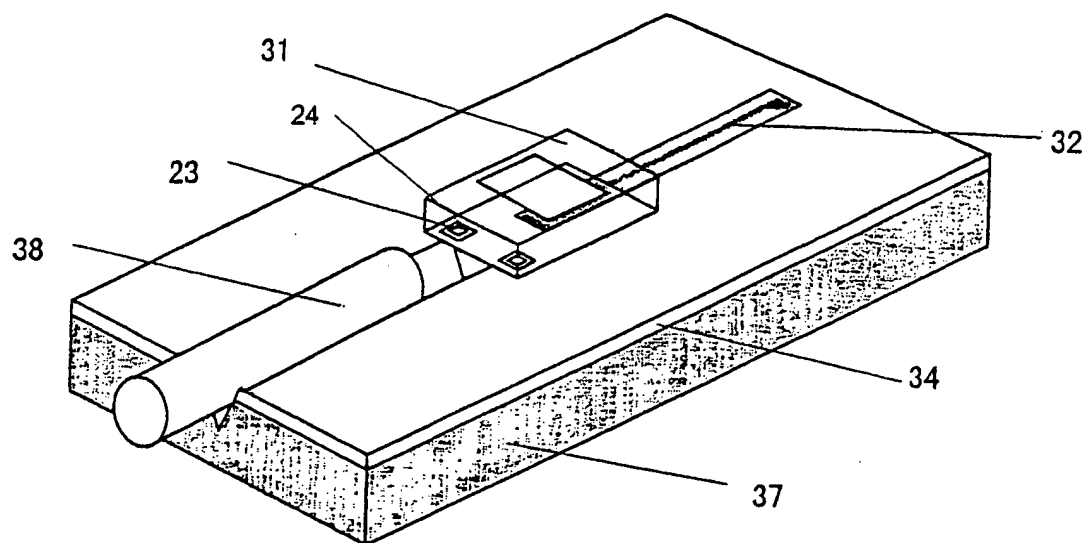


第6図

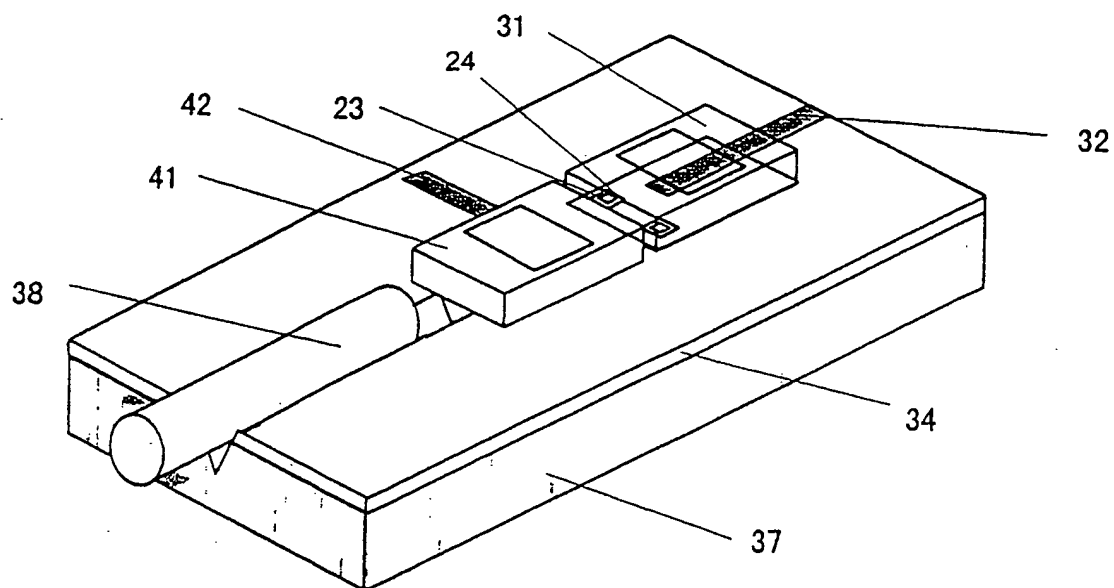


THIS PAGE BLANK (USPTO)

第 7 図

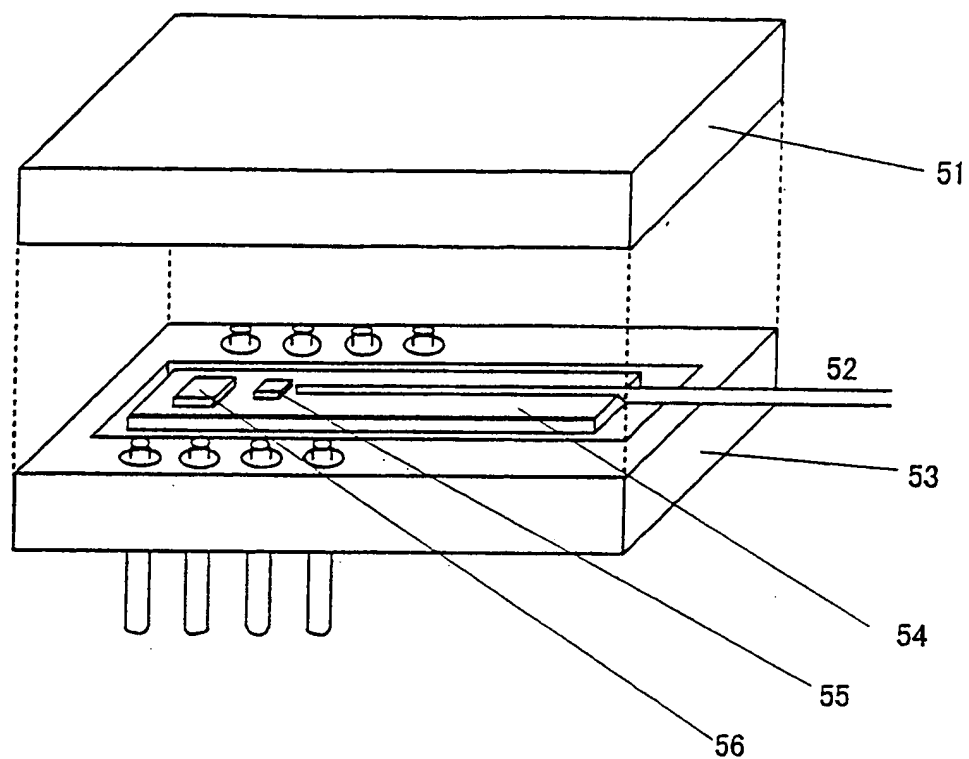


第 8 図

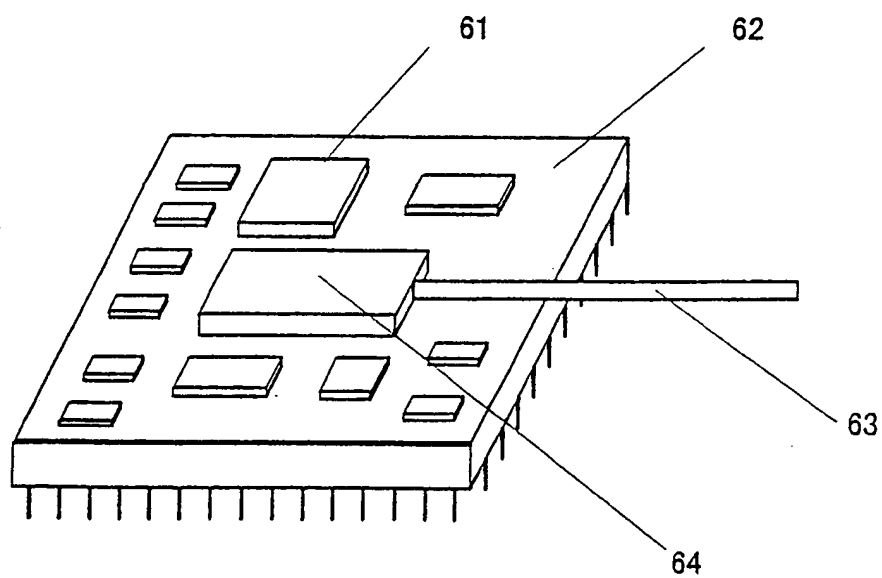


THIS PAGE BLANK (USPTO)

第 9 図

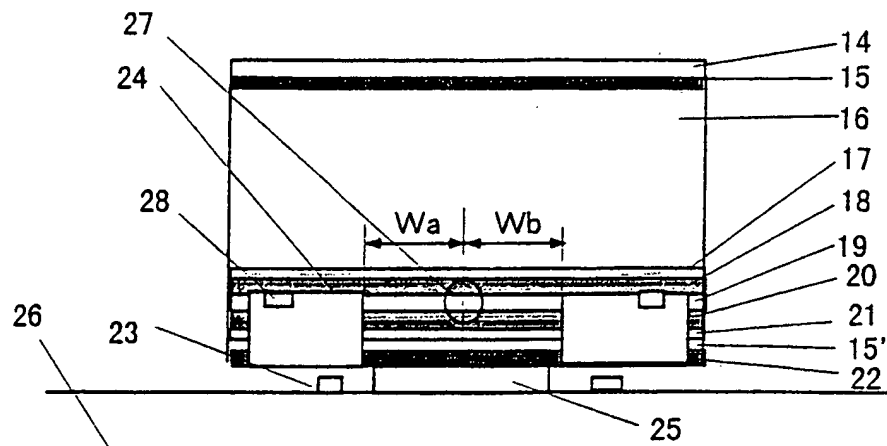


第 10 図



THIS PAGE BLANK (USPTO)

第 1 1 図



THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP98/03791

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.C1⁶ H01L31/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.C1⁶ H01L31/02, 31/12Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1940-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1998
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-1998

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP, 02-094573, A (Nippon Telegraph & Telephone Corp.), 5 April, 1990 (05. 04. 90), Figs. 1, 5 ; page 3, lower right column, 3rd line from the bottom to page 4, upper left column, line 6 (Family: none)	1-6, 8, 15, 16 7, 9-14
X Y	JP, 05-183185, A (Fujitsu Ltd.), 23 July, 1993 (23. 07. 93), Figs. 1, 18 ; Par. Nos. [0006] to [0008], [0031] to [0035] (Family: none)	1-6, 10-11 7-9, 12-14
Y	JP, 09-152527, A (Hitachi, Ltd.), 10 June, 1997 (10. 06. 97), Fig. 2 ; Par. No. [0042] (Family: none)	7-14
Y	JP, 09-191131, A (Hitachi, Ltd.), 22 July, 1997 (22. 07. 97), Fig. 1 ; Par. Nos. [0002], [0003], [0006], [0007] (Family: none)	7-14

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
19 November, 1998 (19. 11. 98)Date of mailing of the international search report
1 December, 1998 (01. 12. 98)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP98/03791

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, 01-217950, A (Toshiba Corp.), 31 August, 1989 (31. 08. 89), Fig. 1 ; full text (Family: none)	7-9
Y	JP, 59-211339, A (NEC Corp.), 30 November, 1984 (30. 11. 84), Figs. 1, 2 ; full text (Family: none)	10-14
Y	JP, 07-030133, A (International Business Machines Corp.), 31 January, 1995 (31. 01. 95), Figs. 1 to 4 ; Par. Nos. [0012] to [0014], [0021] & US, 5005939, A & EP, 448989, A1	10-14
Y	JP, 05-021819, A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 29 January, 1993 (29. 01. 93), Fig. 1 ; Par. Nos. [0014] to [0018] (Family: none)	10, 12-14
Y	JP, 04-098880, A (NEC Corp.), 31 March, 1992 (31. 03. 92), Figs. 1, 2 ; full text (Family: none)	10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁸ H01L31/02

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁸ H01L31/02, 31/12

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1940-1996
 日本国公開実用新案公報 1971-1996
 日本国登録実用新案公報 1994-1998
 日本国実用新案登録公報 1996-1998

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	J P, 02-094573, A (日本電信電話株式会社) 5. 4月. 1990 (05. 04. 90) 図1, 5, 第3頁右下欄下から3行-第4頁左上欄第6行 (ファミリーなし)	1-6, 8, 15, 16 7, 9-14
X Y	J P, 05-183185, A (富士通株式会社) 23. 7月. 1993 (23. 07. 93) 図1, 18 段落6-8, 31-35 (ファミリーなし)	1-6, 10-11 7-9, 12-14
Y	J P, 09-152527, A (株式会社日立製作所) 10. 6月. 1997 (10. 06. 97) 図2, 段落42 (ファミリーなし)	7-14

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

19. 11. 98

国際調査報告の発送日

01.12.98

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

小原 博生



2K

8102

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P, 09-191131, A (株式会社日立製作所) 22. 7月. 1997 (22. 07. 97) 図1、段落2-3, 6-7 (ファミリーなし)	7-14
Y	J P, 01-217950, A (株式会社東芝) 31. 8月. 1989 (31. 08. 89) 図1、全文 (ファミリーなし)	7-9
Y	J P, 59-211339, A (日本電気株式会社) 30. 11月. 1984 (30. 11. 84) 図1, 2、全文 (ファミリーなし)	10-14
Y	J P, 07-030133, A (インターナショナル・ビジネス・マシーンス・コーポレーション) 31. 1月. 1995 (31. 01. 95) 図1-4、段落12-14, 21 & US, 5005939, A & EP, 448989, A1	10-14
Y	J P, 05-021819, A (住友電気工業株式会社) 29. 1月. 1993 (29. 01. 93) 図1、段落14-18 (ファミリーなし)	10, 12-14
Y	J P, 04-098880, A (日本電気株式会社) 31. 3月. 1992 (31. 03. 92) 図1, 2、全文 (ファミリーなし)	10

PTO 01-4465

CY=JP DATE=19990311 KIND=A1
PN=99-12216

SEMICONDUCTOR PHOTO DETECTOR AND OPTICAL TRANSMITTING DEVICE
[Han'dotai Jukososhi Oyobi Hikari Den'so Sochi]

Toshiyuki Mogi, et al.

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE
Washington, D.C. October 2001

Translated by: FLS, Inc.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PUBLICATION COUNTRY	(10):	WO
DOCUMENT NUMBER	(11):	99-12216
DOCUMENT KIND	(12):	A1
	(13):	PUBLISHED UNEXAMINED PATENT APPLICATION (Kokai)
PUBLICATION DATE	(43):	19990311 [WITHOUT GRANT]
PUBLICATION DATE	(45):	[WITH GRANT]
APPLICATION NUMBER	(21):	JP98-03791
APPLICATION DATE	(22):	19980828
ADDITION TO	(61):	
INTERNATIONAL CLASSIFICATION	(51):	H 01 L 31/02
DOMESTIC CLASSIFICATION	(52):	
PRIORITY COUNTRY	(33):	
PRIORITY NUMBER	(31):	
PRIORITY DATE	(32):	
INVENTOR	(72):	MOGI, TOSHIYUKI; KAWAMOTO, KAZUMI; TSUJI, SHIN'JI; NAKAMURA, HITOSHI; SHISHIKURA, MASATO; KIKKUCHI, SATORU.
APPLICANT	(71):	Hitachi Ltd.
TITLE	(54):	SEMICONDUCTOR PHOTO DETECTOR AND OPTICAL TRANSMITTING DEVICE
FOREIGN TITLE	[54A]:	Han'dotai Jukososhi Oyobi Hikari Den'so Sochi

THIS PAGE BLANK (USPTO)

1. Name of this invention

Semiconductor Photo Detector And Optical Transmitting Device

2. Claims

1. Semiconductor photo detector with the following characteristic:

With a semiconductor photo detector having a light absorption layer on the surface parallel to the surface mounted onto a substrate,

a light entered an area having a light permeation ratio which is different from the light permeation ratio of said light absorption layer is projected in the two-dimensional projection area of said semiconductor photo reception element that is generated when said semiconductor light reception element is reflected in the direction of the mounting surface.

2. With a semiconductor photo detector having a light absorption layer on the surface parallel to the surface mounted onto a substrate,

a region having a light permeation ratio higher than that of a light absorption layer is formed at one area of said light absorption layer.

*Numbers in the margin indicate pagination in the foreign text.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

3. In Claim 2, the light permeation ratio of the area having a higher light permeation ratio than that of the light absorption layer is 30% or higher to the illumination light illuminated when said semiconductor light photo detector is mounted onto said substrate.

4. In Claim 3, the area projected onto said substrate when the area having 30% or higher light permeation ratio must be at least 100 μm^2 of an un-shadowed area when a light is irradiated onto the substrate surface.

5. In Claim 3, there are at least two areas having 30% or higher light permeation ratio.

6. In Claim 3, said semiconductor photo detector is an end surface incidence type photo detector and contains at least one area, where paired such areas are respectively positioned corresponding to the right and left of optical axis of light reception surface of said end surface photo detector.

7. Semiconductor photo detector with the following characteristic:

With a semiconductor photo detector having a light absorption layer on the surface parallel to the surface mounted onto a substrate,

a light entered an area having a light permeation ratio which is different from the light permeation ratio of said light absorption layer is projected in the two-dimensional projection

THIS PAGE BLANK (ustp10)

area of said semiconductor photo reception element that is generated when said semiconductor light reception element is reflected in the direction of the mounting surface, while an image for positional marking mounted on said semiconductor element is projected in the area where a light which has passed the area having a light permeation ratio which is different from the light permeation ratio of said light absorption layer. /13

8. In Claim 2 or 7, the area having a light permeation ratio different from that of the light absorption layer is an area from which the light absorption layer is removed.

9. In Claim 2 or 7, said positional determination marker is formed in an area having a light permeation ratio which is different from the light permeation ratio of said light absorption layer.

10. Optical module prepared by optically connecting a semiconductor photo detector in Claims 1 - 9 to an optical fiber and mounted on the same substrate.

11. Optical module prepared by optically connecting a semiconductor laser, optical fiber, semiconductor photo detector in Claims 1 - 9 connected to at least either the laser or optical fiber are mounted on the same substrate.

12. Optical module in Claim 10 or 11 with the following characteristic:

THIS PAGE BLANK (USPTO)

The semiconductor photo detector mounted on said substrate is made into a package with either a ceramic or resin.

13. Optical module in Claim 10 or 11 with the following characteristic:

An electric circuit is mounted onto the substrate in addition to other parts, and said circuit is made into a package with either a ceramic or resin.

14. Optical transmission device with the following characteristic:

The optical module in Claims 10 - 13 and an electronic circuit connected to said module and executes at least optical signal transmission or reception process are mounted on the same board.

15. Semiconductor photo detector production method with the following characteristic:

With an end surface incidence type semiconductor photo detector production process prepared by sequentially laminating multiple different thin film containing an optical absorption layer on a substrate,

the process of laminating a thin film after laminating a light absorption layer prohibits the thin film growth in a pre-determined area corresponding to the location where the end surface photo detector is positioned.

/14

THIS PAGE BLANK (USPTO)

16. Semiconductor photo detector production method with the following characteristic:

With an end surface incidence type semiconductor photo detector production process prepared by sequentially laminating multiple different thin film containing an optical absorption layer on a substrate,

the production process includes an etching process for removing said optical absorption layer existing in the area predetermined corresponding to the location where the end surface photo detector is positioned.

Technical Field

/1

This invention pertains to a semiconductor photo detector and optical transmitting device.

Background Of This Invention

In recent years, in order to expand the data servicing network, low cost operation is desired in the optical communication field. In order to build an inexpensive optical communication system, cost reduction of an optical module that converts light signals to/from electric signals is the key to the solution. To achieve this, an optical device that can be highly integrated on the same substrate using a simple mounting method needs to be utilized.

Optical device (e.g., semiconductor diode, light modulator, and light switch) has usually structured as an end incidence that

THIS PAGE BLANK (USPTO)

enters and emits a light in the direction parallel to the substrate surface. On the other hand, the semiconductor photo detector is a surface light reception type that receives an optical signal to the substrate surface in the direction diagonal to the substrate surface. Therefore, since the semiconductor photo detector of surface light reception type has an incidence direction of an optical signal which is different from other optical devices, the devices cannot provide complete consistency for producing a highly integrated device.

As an example method that can provide satisfactory consistency of those two types of devices, an end surface incidence type semiconductor photo detector was developed (refer to Patent No. 64-90570). However, due to the design of such end surface incidence type semiconductor photo detector, the positional relation between the optical emission position from an optical device and light reception surface of semiconductor photo detector significantly relies on the sensitivity of light reception element. Therefore, a passive type alignment requires a technique that precisely measures the position of end surface incidence type semiconductor photo detector on an optical device.

With the above conventional techniques, when mounting an end surface incidence type photo detector onto an optical device, a marker is formed on both the optical device side of photo detector and optical device, and by detecting the marked locations using a light that can pass both of them (e.g., /2

THIS PAGE BLANK

THIS PAGE BLANK (USPTO)

frequency of near $1.3 \mu\text{m}$), the position of photo detector on the optical device is determined.

However, for a photo detector receiving approximately $1.3 - 1.6 \mu\text{m}$ which is commonly used for optical communication, a light near $1.3 \mu\text{m}$ is absorbed by the light reception layer. Therefore, it is difficult to detect the marked location for positioning.

The purpose of this invention is to provide a semiconductor photo detector and its production method that can provide a low cost optical module or photo-transmission device containing a semiconductor photo detector of this invention as a signal reception element or semiconductor laser monitor element.

Method To Solve The Problems

To achieve the purpose as described above, this invention provides the following semiconductor photo detector:

With a semiconductor photo detector having a light absorption layer on the surface parallel to the surface mounted onto a substrate, a light entered an area having a light permeation ratio which is different from the light permeation ratio of said light absorption layer is projected in the two-dimensional projection area of said semiconductor photo reception element that is generated when said semiconductor light reception element is reflected in the direction of the mounting surface.

Furthermore, with a semiconductor photo detector having a light absorption layer on the surface parallel to the surface

THIS PAGE BLANK (USPTO)

mounted onto a substrate, the light absorption layer at the location facing against an area functioning as positional setting area formed at least on the substrate is removed from said substrate and semiconductor photo detector.

/3

The following explains a practical example. As shown in Fig. 1, with a semiconductor photo detector having a light absorption layer on the surface existing between an upper second core layer 18 and lower second core layer 20 as well as upper clad layer 17 and lower clad layer 21, the photo detector contains a marker detection space area (positional determination area) 24 for measuring the marker 23 for determining the position on an optical device to which an end surface incidence photo detector is mounted. In the figure, the area where a signal light 11 and light absorption layer 19 contact with each other is the light reception area of said end surface incidence type photo detector.

With an end surface incidence photo detector based on this invention shown in Fig. 4, the crystal layer growth location is selected using a mask when forming a light absorption layer 19, and the light absorption layer 19 at a location facing against a position setting marker on the optical device is removed (not formed) so as to create a space area 24 for detecting a marker 23. The light permeation ratio of irradiation light (hereinafter, the term "detection light" is used) irradiated for

THIS PAGE BLANK (USP 12)

detecting the positional setting marker **23** through the marker detection space area **24** exceeds 30% of the detection light irradiated onto an end surface incidence photo detector.

With the photo detector based on this invention, an amount of the positional detection light irradiated from below absorbed by the light absorption layer **19** is significantly smaller than the case having the light absorption layer **19**. Therefore, as the marker **23** on an optical device shaded by the end surface incidence photo detector can be easily observed through the end face incidence photo detector, the production yield can be improved.

Furthermore, since the invention can improve the mounting preciseness on the optical module substrate **26**, the light reception efficiency can be improved. Therefore, the photo detector **31** based on this invention can be formed without using an optical lens and created onto a substrate **37** having a V-shaped groove for fixing an optical fiber (see Figs. 7 and 8) as a monitor element of a signal reception element or monitor element for a semiconductor laser **41**.

/4

Also, as shown in Fig. 9, the photo detector **55** based on this invention for signal reception can be integrated on a substrate **54** having a V-shaped groove and containing an optical fiber **52** for signal light incidence using a passive alignment method, and a pre-amplifier IC **56** may be mounted, or packaged

THIS PAGE BLANK (USPTO)

with a base 53 and cap 51 made of ceramic or resin. The base 53 and cap 51 may be replaced with a transfer mold made of a resin.

Furthermore, it can be an optical transmission module using the photo detector of the invention for semiconductor laser monitoring or optical signal transmission module having the photo detectors of the invention on the same substrate as a signal reception and semiconductor laser monitoring device.

Also, as shown in Fig. 10, an optical module 64 with an fiber optic 63 containing the photo detector of the invention and electronic circuit (e.g., signal reception IC 61) may be mounted on the same board and used a signal transmission/reception device of an optical transmission system.

In addition, with a production method of end surface incidence type semiconductor photo detector prepared by sequentially laminating several thin films including a light absorption layer on a substrate, when laminating thin film layers after laminating the light absorption layer, an etching process is included in order to prohibit the thin film growth in a predetermined area corresponding to the location used for positioning the photo detector or to remove the light absorption layer existing in the predetermined area corresponding to the location for positioning the photo detector.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Simple Explanation Of The Figures

Figure 1 is a cross-sectional diagram of an end surface incidence photo detector in Operational example 1. Figures 2 - 3 are luminance distribution maps of the photo detector in Operational example 1. Figures 4 - 6 are cross-sectional diagrams of an end surface incidence photo detector used in Operational example 1. Figure 7 is a diagram of an entire structure of the device used in the second operational example. Figure 8 is a diagram of an entire structure of the device used in the third operational example. Figure 9 is a diagram of an entire structure of the device used in the fourth operational example. Figure 10 is a diagram of an entire structure of the device used in the fifth operational example. Figure 11 is a cross-sectional diagram of an end surface incidence photo detector used in the first operational example.

/5

Most Suitable Configuration Of The Invention

The following explains the operational examples of the device containing a light reception element and a device equipped with a light reception element.

[Operational example 1]

Figure 1 shows the cross-sectional diagram of a device containing an InGaAlAs type compound semiconductor.

The semiconductor photo detector in this example is prepared by sequentially laminating the following materials on a p-InP

THIS PAGE BLANK

substrate using a molecular beam epitaxial (MBE) method:

An n-InGaAs upper part clad layer **17** ($1.0\ \mu\text{m}$), n-InGaAlAs upper second core layer **18** ($1.5\ \mu\text{m}$), un-doped InGaAlAs light absorption layer **19** ($1.5\ \mu\text{m}$), p-InAlAs lower second core layer **20** ($1.5\ \mu\text{m}$), p-InAlAs lower second core layer **21** ($0.5\ \mu\text{m}$), n-InGaAs contact layer **15'** ($0.2\ \mu\text{m}$).

Furthermore, the semiconductor photo detector in this example contains a p-type electrode **22** placed next to an n-InGaAs contact layer **15'**, solder layer **26** for connecting the optical device **26** on which said photo detector is mounted on, contact layer **15** laminated on the upper area of p-InP substrate **16** as shown in the figure, SiN insulation film **14**, and n-type electrode **13**. /6

In this example, the un-doped InGaAlAs light absorption layer **19** is irradiated from downward in Fig. 1 when positioning, passes the p-InP substrate **16**, and absorbs the detection light having a frequency of near $1.3\ \mu\text{m}$.

Therefore, in order to detect the marker **23** at the optical module substrate **26** to which the photo detector is to be mounted, when laminating an un-doped InGaAlAs light absorption layer **19**, p-InGaAlAs lower second core layer **20**, and p-InAlAs lower clad layer **21**, a crystal growth process is performed so that a space area (position setting area) **24** not containing the un-doped

THIS PAGE BLANK (USPTO)

InGaAlAs light absorption layer **19** can be formed so as to detect the marker **23** at the substrate side. Note that the same structure can be formed by removing the layer using an etching after each layer is laminated on the semiconductor photo detector.

That is, creating the space area (hereinafter, the term "marker detection area" is used) from which the un-doped InGaAlAs light absorption layer **19** is removed for detecting the positional setting maker, which is the characteristic of this invention, does not require any additional process, and can be accomplished by slightly changing the mask shape of the conventional method for forming a marker detection area.

The size of marker detection area **24** is determined corresponding to the mounting accuracy and decomposition capacity of image device used to detect the maker **23**. For example, if the mounting accuracy of a semiconductor photo detector to a signal light **11** is $\pm 1 \mu\text{m}$, the measurement accuracy must be at least $\pm 0.1 \mu\text{m}$. The marker detection area **24** for assuring the accuracy must be at least $10 \mu\text{m}$ ($100 \mu\text{m}^2$) per side for providing a specific accuracy when measuring the boundary surface or center of gravity using a $1 \mu\text{m}$ resolution camera.

Also, when metallized layers **13**, **25** not passing the detection light to the semiconductor photo detector exist, there must be at least $100 \mu\text{m}^2$ of an un-shadowed area when viewed the

17

THIS PAGE BLANK (usptu),

marker detection area **24** from upward direction.

The marker **23** is measured according to the light quantity gap of the detection light irradiated to a light blocking area and the edge of light-passing area for determining the position. However, as the light entered to the light-passing area does not completely pass through the area, the amount of light coming out from the area lessens. In this case, when the light contrast value is completely passes the area is 100%, the illumination distribution of the light with 30% of contrast becomes as shown in Fig. 2.

To specify the edge of bright and dark areas of an optical image obtained by the detection light, the tilting of illumination distribution at the edge area (dependent on the contrast) and noise on the brightness must be considered. For example, in the case of a camera used to measure the area near infrared ray which is commonly used for positional setting in the related field of this invention, the noise on the image signal is approximately 5%. Therefore, the required preciseness cannot be provided unless the illumination distribution has a greater tilting within the targeted measurement accuracy.

When the illumination distribution obtained by varying the contrast from 20% to 100% is plotted in a graph (horizontal axis = position; vertical axis = brightness), the chart shown in Fig. 3 is formed. When the measurement preciseness required for

THIS PAGE BLANK (USPTO)

position determination is set to $\pm 0.1 \mu\text{m}$ from those brightness distribution, the contrast required in this example become 30% or greater.

Figure 4 shows an example of cross-sectional structure which contains the marker detection area **24** in Fig. 1 and is diagonal to the signal light **11**. In this example, two locations of marker detection areas **24** are respectively formed at the right and left of the optical axis of the signal light **11** (see Fig. 1) entering from the end surface of the semiconductor photo detector. This is because, when there is only one marker detection area **24**, detecting the angle within the horizontal surface of the semiconductor photo detector becomes difficult. As shown in the example, by forming more than two marker detection areas **24** in the semiconductor photo detector, the angle within a horizontal surface can be more easily detected.

/8

Figure 5 shows another structural example of semiconductor photo detector related to this example. The figure shows a cross-sectional diagram when the entering signal light is diagonally cut and observed.

In this example, while maintaining the relative accuracies W_a , W_b to the light reception area **27**, the space area from which the absorption layer **19** is cut off is itself used as a position determination marker for the semiconductor photo detector. Normally, W_a and W_b are set to the same length. The reason for

THIS PAGE BLANK (uspto)

setting two accuracies W_a , W_b is to absorb errors (e.g., marker size swelling due to optical aberration at the time of measurement or circling/entering light gap at the time of exposure) that only occurs when only one marker is formed, and the position is determined solely based on the distance from that marker.

By forming two marker detection areas **24** by utilizing the relative accuracies W_a , W_b , and by detecting the boundary areas of the light absorption layer **19** and marker detection area **24**, the position of semiconductor photo detector can be highly precisely measured.

Also, as shown in Fig. 6, when the position is determined, markers **23** for the optical module substrate **26** may be created to be placed within the marker detection areas **24** assuring the relative accuracies shown in Fig. 5. With this configuration, the marker detection areas **24** and markers **23** can be both simultaneously and accurately observed, thereby allowing highly accurate positioning.

As shown in Fig. 11, a photo detector side marker **28** may be formed in each of paired marker detection areas **24** formed by semiconductor photo detectors so that each light reception element side marker **28** and the corresponding substrate side marker **23** can satisfy the predetermined relative positional relation.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[Operational example 2]

Figure 7 is a diagram showing the configuration of one operational example of an optical module using an end surface incidence type photo detector of the invention.

In this example, the photo detector **31** of the invention is mounted over an insulation film **34** and V-groove substrate **37** having an electric wire **32** using a passive alignment method to form a flip chip. An n-type and p-type electrodes are respectively formed on each side of photo defeater **31**, and AuSn is used to connect the photo detector **31** and electric wire **32**.

/9

In this example, a marker detection area **24** prepared by eliminating the light absorption layer **19** is formed at the right and left of the right reception surface of the photo detector **31**, and at the same time, a pair of markers **23** for a V-groove substrate **37** are formed so that substrate **37** can be positioned in each area of marker detection area **24** when the locations of photo detectors **31** are determined.

With this configuration, the locations of the photo detector **31** and V-groove substrate **37** can be highly precisely measured, thereby allowing highly accurate positioning of both devices.

In this example, the detection accuracy of both devices becomes within $\pm 0.1 \mu\text{m}$, and mounting accuracy was suppressed to within $\pm 0.1 \mu\text{m}$. Also, the light reception sensitivity of the photo detector **31** to $1.3 \mu\text{m}$ of light was quite high (0.85 A/W).

THIS PAGE BLANK (uspto)

[Operational example 3]

Figure 8 is a diagram showing the configuration of another operational example of an optical module using an end surface incidence type photo detector of the invention.

In this example, a semiconductor laser **41** and photo detector **31** of the invention are mounted over an insulation film **34**, monitoring light reception element electric wire **32**, and V-groove substrate **37** having a semiconductor laser electric wire **42** using a passive alignment method to form a flip chip. An n-type and p-type electrodes are respectively formed on each side of photo detector **31**, and AuSn is used to connect the photo detector **31** and electric wire **32**.

In this example, a marker detection area **24** prepared by eliminating the light absorption layer **19** is formed at the right and left of the right reception surface of the photo detector **31**, and at the same time, a pair of markers **23** for a V-groove substrate **37** are formed so that substrate **37** can be positioned in each area of marker detection area **24** when the locations of photo /10 detectors **31** are determined.

With this configuration, the locations of the photo detector **31** and V-groove substrate **37** can be highly precisely measured, thereby allowing highly accurate positioning of both devices. Later, flat end optical fiber **38** are fixed to the V-groove.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

In this example, positioning error at the time of mounting each element and of fixing an optical fiber can be minimized to within $\pm 1 \mu\text{m}$, and light bonding loss between the semiconductor laser **41** and monitoring end surface incidence type photo detector **31** was 2 - 3 dB. Also, the monitoring current at the time of 1 mW of external output becomes excellent ($400 \mu\text{A}$).

[Operational example 4]

Figure 9 is a diagram showing the configuration of one operational example of packaged light signal reception module containing the end surface incidence type photo detector of the invention.

In this example, an end surface type photo detector **55** of the invention is mounted onto a V-groove substrate **54** using a passive alignment method. Furthermore, to improve the sensitivity, a signal reception pre-amp IC **56** was mounted onto the V-groove substrate **54**. Then, an optical fiber **52** for signal light incidence was added, fixed to a ceramic base **53**, and closed using a cap **51**.

The prepared optical module in this example was evaluated for its transmission capacity. As a result, with a burst transmission (signal frequency = $1.3 \mu\text{m}$, transmission speed = 50 Mb/s), the minimum light reception sensitivity was excellent (-38 dBm) at 10^{-8} error ratio.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Also, the ceramic base 53 and cap 51 may be replaced with a resin materials or resin transfer mold. Furthermore, the signal transmission and reception optical module containing the photo detector of the invention may be prepared as a package.

[Operational example 5]

Figure 10 is a diagram showing the configuration of one operational example of a light transmission device containing the end surface incidence type photo detector of the invention. /11

In this example, a light signal reception module 64 containing an end surface type photo detector of the invention and a signal incidence optical fiber 63, signal reception IC 61, and other electronic parts were mounted on a board 62.

The prepared light transmission device in this example was evaluated for its transmission capacity. As a result, with a burst transmission (signal frequency = 1.3 μm , transmission speed = 50 Mb/s), the minimum light reception sensitivity was excellent (-38 dBm) at 10^{-8} error ratio.

Also, the light signal reception module may be replaced with an optical signal transmission module or optical signal transmission/reception module consisting of integrated end surface type photo detectors of the invention.

Possible Industrial Application

With this invention, an end surface type photo detector can be highly accurately positioned on an optical device, allowing

THIS PAGE BLANK (USPTO)

easy and high optical bonding without using an optical lens. Therefore, by utilizing the end surface type photo detector, a low cost optical module and optical transmission device can be produced without requiring complex procedures.

[Figure 2]

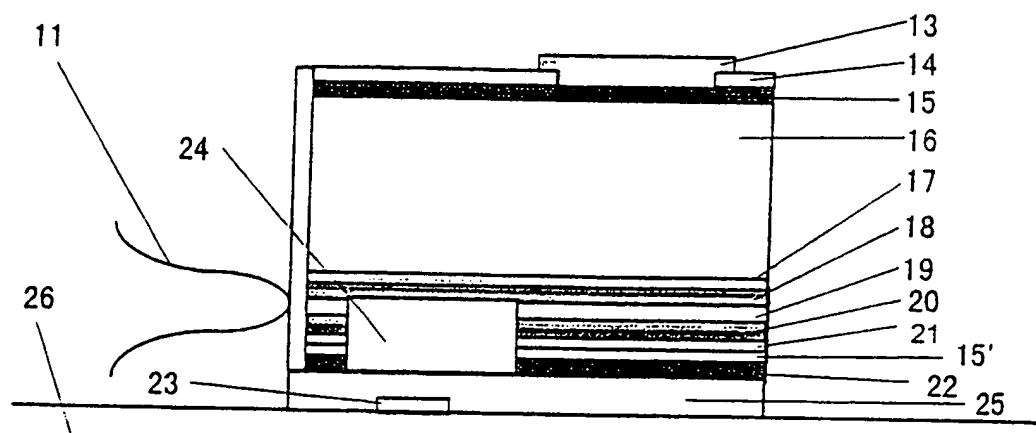
Key: a) Luminance; b) Measured wave; c) Ideal wave; d) Measurement location.

[Figure 3]

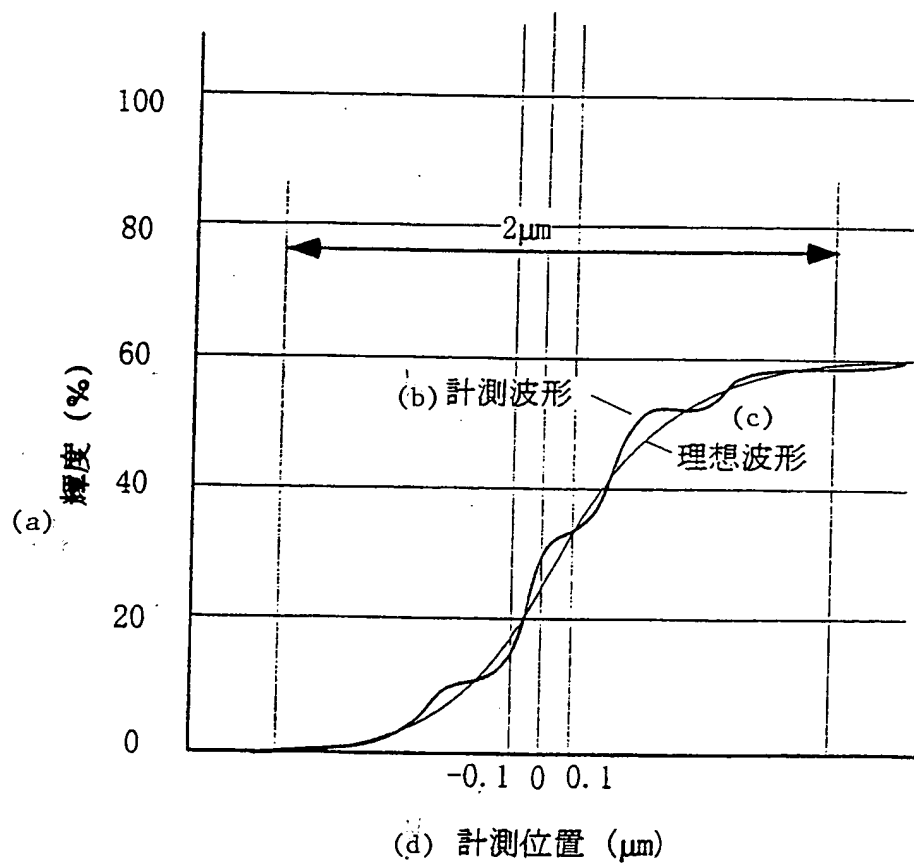
Key: a) Luminance; b) Measurement error range when image noise is 5%; c) Measurement location.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

第1図 [Figure 1]



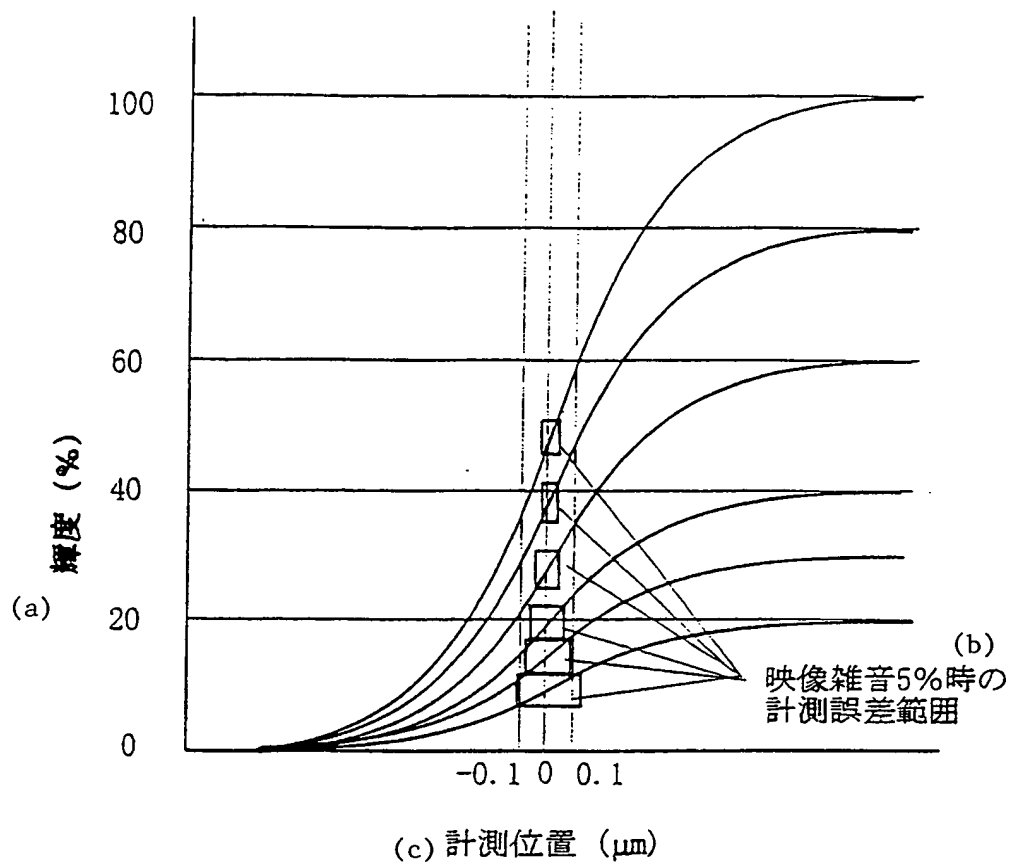
第2図 [Figure 2]



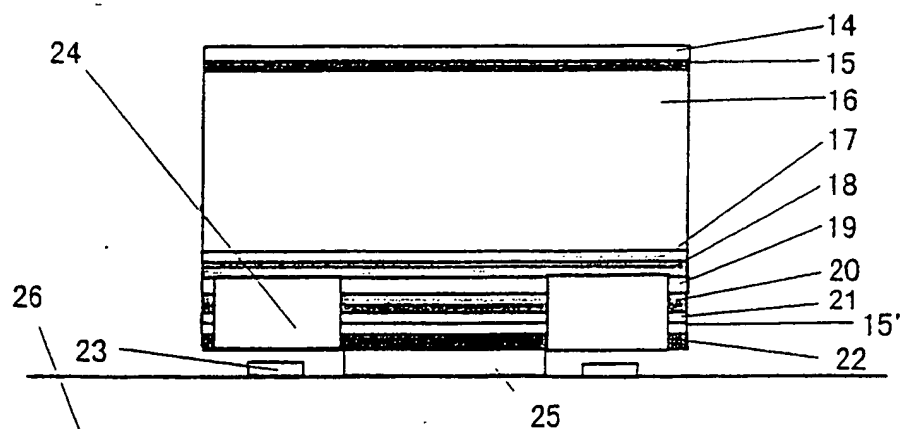
THIS PAGE BLANK (USPTO)

2 / 6

第3図 [Figure 3]

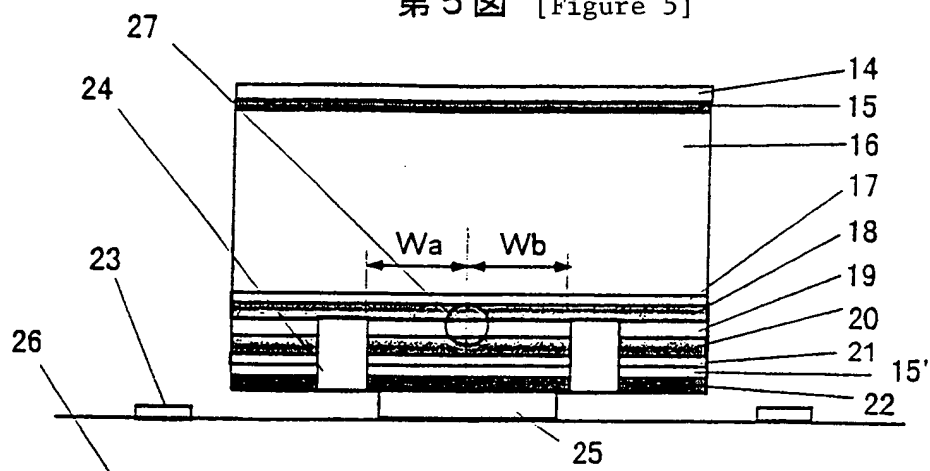


第4図 [Figure 4]

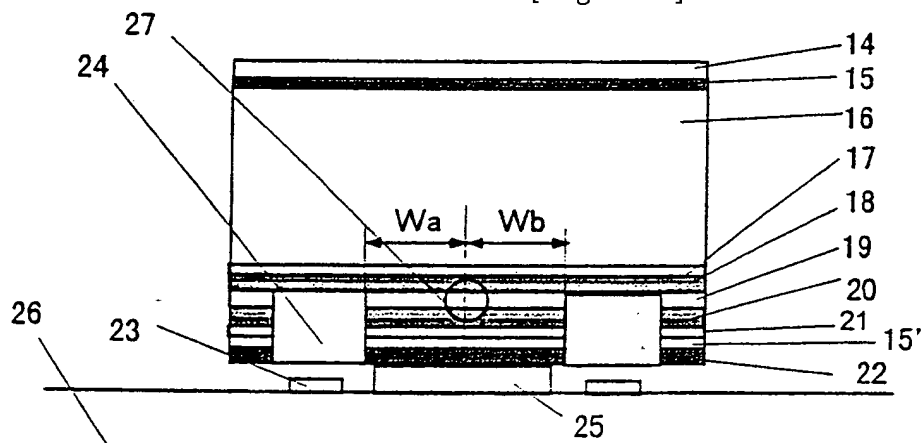


THIS PAGE BLANK (USPTO)

第5図 [Figure 5]

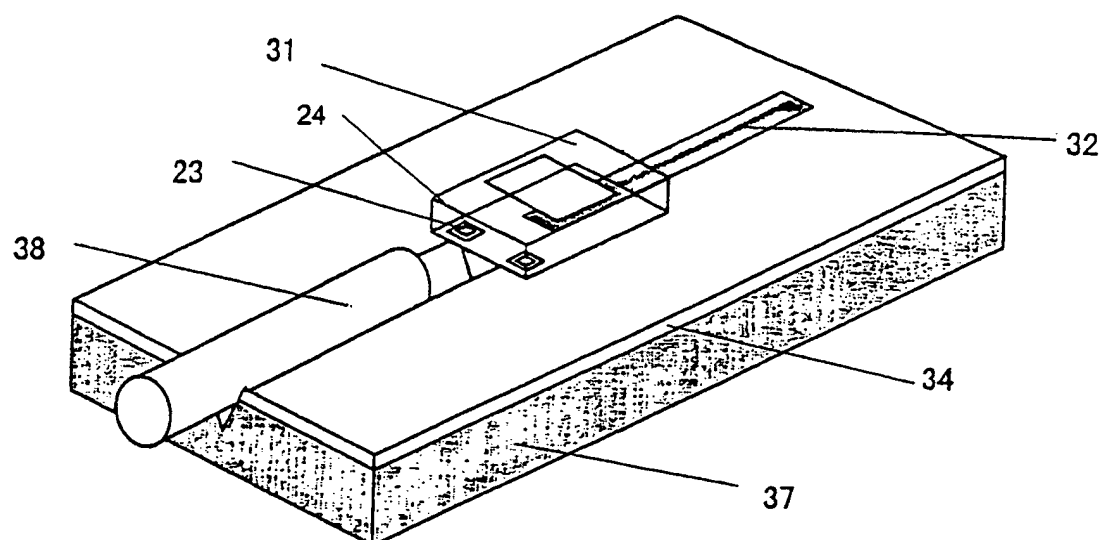


第6図 [Figure 6]

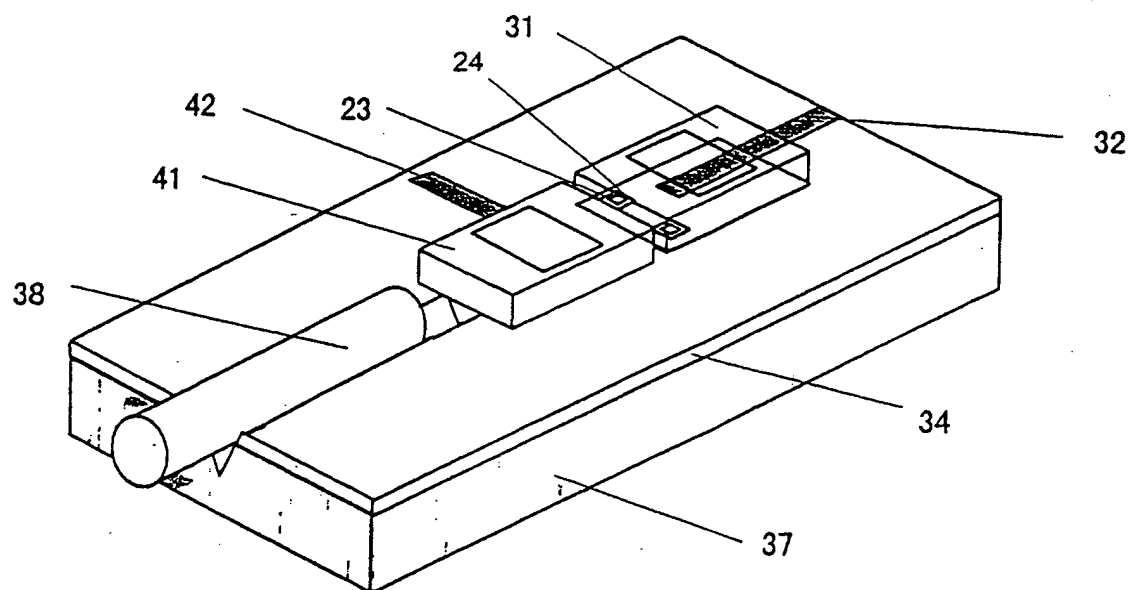


THIS PAGE BLANK (USPTO)

第7図 [Figure 7]

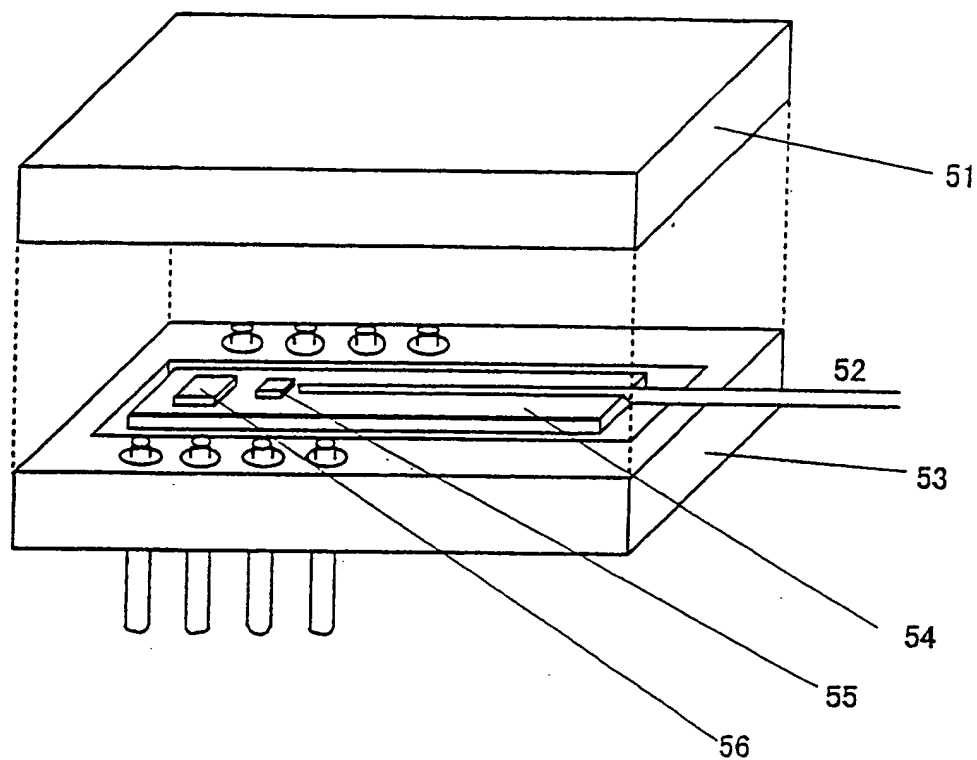


第8図 [Figure 8]

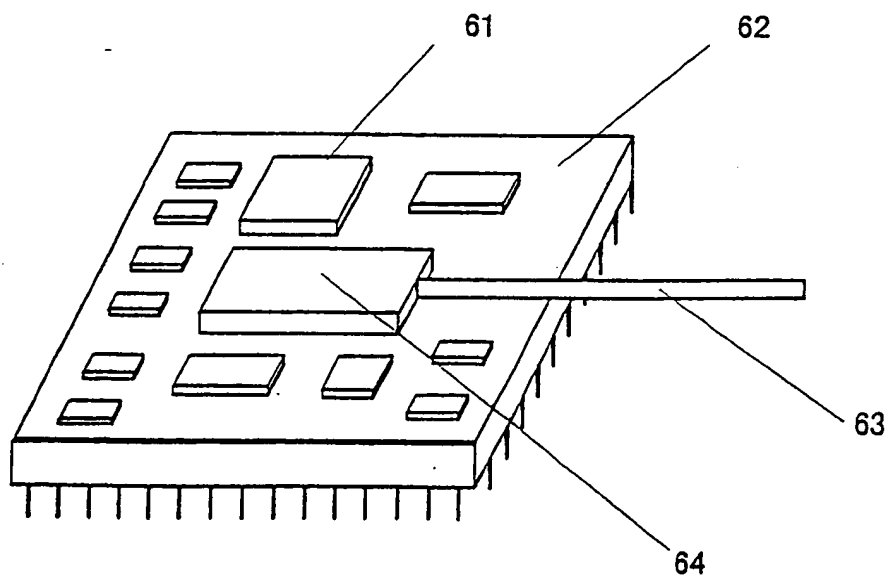


THIS PAGE BLANK (USPTO)

第 9 図 [Figure 9]

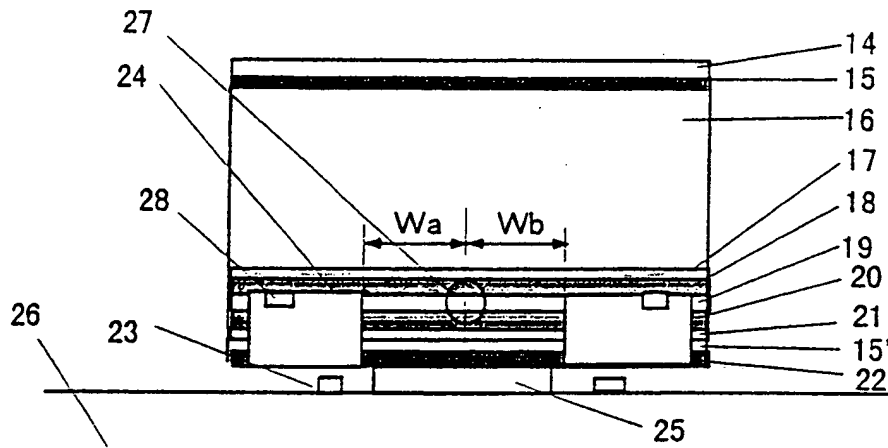


第 10 図 [Figure 10]



THIS PAGE BLANK (USPTO)

第 1 1 図 [Figure 11]



THIS PAGE BLANK (USPTO)